Journal of Horticultural Science
https://jhs.um.ac.ir

Research Article
Vol. 37, No. 1, Spring 2023, p. 1-12

Effect of different Concentrations of Salicylic acid on some Physicochemical Properties of Grape cv. Shahroodi

M. Hassanabadi[1], M. Azizi[2*], Gh. Davarynegad[3], H. Bodaghi[4], H. Hokmabadi[5]

Received: 11-10-2016 Revised: 08-07-2017 Accepted: 08-07-2017 Available Online: 05-04-2021	**How to cite this article:** Hassanabadi, M., Azizi, M., Davarynegad, Gh., Bodaghi, H., & Hokmabadi, H. (2023). Effect of different concentrations of salicylic acid on some physicochemical properties of grape cv. Shahroodi. *Journal of Horticultural Science 37*(1): 1-12. (In Persian with English abstract). http://doi.org/10.22067/jhs.2021.59037.0

Introduction

Grape (*Vitis vinifera* L.) is one of the most important fruits cultivated in many areas with different climates all over the world. Grape, which is rich in antioxidants, flavonoids, anthocyanins and phenolic acids, is highly regarded in terms of economic value. Salicylic acid is one of the compounds which have been used in recent years for improving the physicochemical properties of many fruits. The application of salicylic acid increases the shelf life of crops by inhibiting ethylene production and respiration, as well as by reducing the activity of some enzymes which are responsible for softening the cell wall. Furthermore, salicylic acid results in the enhancement of phenolic compound production by increasing the activity of some enzymes such as phenylalanine ammonia-lyase.

Materials and Methods

The present study was conducted in 2014 on 13-year-old Shahroodi grapes that were grown using a head-training system with a spacing of 2m × 2m in "Shahrood" County, Semnan Province. A total of 60 grapevines with uniform age and growth characteristics were selected for the experiment. Salicylic acid was obtained from Merck and solutions were prepared using a small amount of organic solvent and surfactant to reduce the surface tension of the solutions. For the purpose, the Salicylic acid powder was dissolved in a few drops of ethanol and a few drops of Tween 20 for improving solution penetration to the plants, The solution was prepared at concentrations of 0 (control), 1, 2, 3 mM. Then the plants were sprayed two weeks after the fruit set stage (when berries were at the pea-sized stage with a diameter of 4 to 5 mm). The experimental design used in this experiment was a randomized complete block design (RCBD) with three replications. After harvesting and transporting of fruits to the laboratory, different characteristics were measured:

Chlorophyll and carotenoid Content

Chlorophyll a, b, and total Chlorophyll and carotenoid content measured according to Arnon (1967) method in grape leaves. The extraction steps were carried out with full precision to minimize contact with heat and light. In order to stabilize the pigments, the samples taken from the central part of the mature leaves were immediately ground in liquid nitrogen. The samples were vortexed two times with an interval of one minute and stored for 1.5 hours at a temperature of 4 degrees Celsius in order to dissolve the pigments in cold acetone solvent. After that, they were centrifuged for 15 minutes at a speed of 6000 rpm. The supernatant after centrifugation of the samples was used to measure chlorophyll and total carotenoids. The absorbance of the samples was read at three wavelengths of 470, 645, and 663 nm using a Shimadzu UV (160) spectrophotometer. Using the absorbance of

1, 2 and 3- Former Ph.D. Student and Professors, Department of Horticultural Science and Landscape Architecture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: azizi@um.ac.ir)
4- Assistant Professor, Department of Horticultural, Shahroud University, Shahroud, Iran
5- Assistant Professor, Pistachio Research Center of Rafsanjan, Rafsanjan, Iran
DOI: 10.22067/jhs.2021.59037.0

the samples in these three wavelengths and the equations below, the amounts of chlorophyll a, chlorophyll b, total chlorophyll and total carotenoids were calculated in terms of milligrams per gram of tissue sample weight.

Fruit characteristics

Fruit characteristics such as fruit yield, fruit firmness (with magnets-Taylor device), sugar and acid content, and content of phenolic compounds were also measured. The fruit tissue firmness was measured using a firmness tester (model FDKA 32, Wagner) and expressed in Newtons per square centimeter. The characteristics of soluble solids (TSS) were expressed using a handheld refractometer (Ataga, Japan) and expressed in terms of Brix, the pH of the extract was measured using a digital pH meter (Sartorius PP-20, Germany). Titratable acidity or TA was done through the titration of the extract using 0.1 normal sodium until pH 1.8-2.8 and its results were reported using the following formula and under the title of tartaric acid percentage.

Total phenol content

The amount of total phenol was measured by Folin-Ciocalteu method and spectrophotometry. The absorbance of the reaction mixture was measured after 120 minutes of storage in the absence of light at a wavelength of 765 nm using a Shimadzu UV spectrophotometer (160). The amount of total phenol was expressed from the standard curve in terms of mg of gallic acid per 100 grams of extract in three replicates for each sample and standard.

Total flavonoid

The amount of total flavonoid was measured by aluminum chloride calorimetric method. In this experiment, 50 microliters of methanolic extract from the flesh and fruit skin were combined with 10 microliters of 10% aluminum chloride and 10 microliters of 1 M potassium acetate. Then, 280 microliters of double distilled water were added to the mixture. After the samples were mixed, they were left at room temperature for 40 minutes. The absorbance of the reaction mixture was measured at a wavelength of 415 nm using a Shimadzu UV spectrophotometer (160) in three replicates. A blank containing double distilled water was used for comparison. The amount of total flavonoids was determined based on the standard curve of quercetin and the results were expressed in micrograms of quercetin per gram of fruit skin and flesh weight.

Total anthocyanin

The amount of total anthocyanin was measured using the difference in pH method. In this method, the absorbance was measured using a spectrophotometer at wavelengths of 520 and 700 nm along with potassium chloride and sodium acetate buffers with different pH values of 1 and 4.5.

Results

The results of the data analysis of variance showed that the application of salicylic acid resulted in significant differences in the measured characteristics. Therefore, the use of this compound improved the physical and biochemical quality of the treated grape clusters.Comparison of treatments means showed that using 2 mM salicylic acid brought about a significant effect on the amount of chlorophyll (a, b and total) and carotenoids compared to other treatments, especially control. Salicylic acid application caused a reduction in pH and soluble solids, and an increase in firmness, 100-berry weight and yield. The results of the study indicated a significant increase in organic acids and a decrease in reducing sugars in the grape clusters treated with salicylic acid. The highest amount of tartaric acid was found in the treatment with 2 mM salicylic acid, with an average of 0.66, while the control treatment had the lowest amount of tartaric acid, with an average of 0.52. This suggests that the use of salicylic acid led to a reduction in transpiration and consumption of organic acids. In terms of reducing sugars, the highest and lowest amounts were observed in the control treatment (14%/74) and the treatment with 2 mM salicylic acid (13%/60), respectively. Increasing the concentration of salicylic acid up to 2 mM resulted in the enhancement of anthocyanins and phenolic compounds contents, but higher concentrations (more than 2 mM) reduced the amounts of these compounds in treated fruits.

Conclusion

Pre-harvest use of salicylic acid could have a positive effect on the improvement of qualitative and quantitative characteristics of grape cv. Shahroodi. However, further comprehensive studies are needed to be conducted to recommend this compound to the growers of fruit trees.

Keywords: Berry fruit, Fruit yield, Phenolic contents, Spraying, TSS

نشریه علوم باغبانی
https://jhs.um.ac.ir

مقاله پژوهشی
جلد ۳۷، شماره ۱، بهار ۱٤۰۲، ص.۱۲-۱

تاثیر کاربرد غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک بر برخی از خصوصیات فیزیکوشیمیایی انگور رقم 'شاهرودی'

محمود حسن آبادی[۱]- مجید عزیزی[۲]*- غلامحسین داوری نژاد[۳]- حجت اله بداقی[٤]- حسین حکم آبادی[۵]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۷/۲۰
تاریخ بازنگری: ۱۳۹۶/۰۴/۱۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۴/۱۷

چکیده

در این مطالعه، تاثیر غلظت‌های مختلف اسیدسالیسیلیک بر برخی از خصوصیات فیزیکی و بیوشیمیایی انگور رقم 'شاهرودی' طی سال ۱۳۹۳ مورد مطالعه قرار گرفته است. آزمایش بر روی بوته‌های ۱۳ ساله در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام گرفت. بوته‌ها و خوشه‌ها دو هفته پس از تشکیل میوه با محلول اسیدسالیسیلیک با غلظت‌های صفر، ۱، ۲ و ۳ میلی‌مولار به صورت یکنواخت محلول‌پاشی شدند. ارزیابی صفات کمی و کیفی پس از برداشت میوه‌ها صورت گرفت. نتایج آزمایش نشان داد که کاربرد اسید سالیسیلیک بر کلیه صفات اندازه‌گیری شده در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. اثر بلوک به جزء در مورد صفت فنل کل و فلاونوئید در سایر صفات اندازه‌گیری شده معنی‌دار نبود. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در مورد صفات کلرفیلa، b، کل و کارتنوئیدها تیمار ۲ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک بهترین تیمار بود. در مورد صفات pH، نسبت قند به اسید و TSS تیمار شاهد بیشتر از سایر تیمارها بود. بیشترین میزان عملکرد به میزان ۳۱/۳ کیلوگرم به ازای هر بوته در تیمار ۲ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک و کمترین مقدار در تیمار شاهد به میزان ۲۱ کیلوگرم به ازای هر بوته مشاهده شد. در مورد مقدار ترکیبات فنلی بیشترین میزان در تیمار ۲ میلی‌مولار بر لیتر اسید سالیسیلیک (۱۳۷/۲۰ میلی‌گرم گالیک اسید در ۱۰۰ گرم نمونه تازه) و کمترین مقدار در تیمار شاهد مشاهده شد. بیشترین مقدار مواد جامد محلول در تیمار شاهد (۱۸/۳۴ درصد بریکس) و کمترین آن در تیمار ۲ میلی‌مولار در لیتر اسید سالیسیلیک (۱۶/۹۵درصد بریکس) مشاهده شد. بر این اساس کاربرد غلظت ۲ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک بهترین غلظت بوده و شاهد کمترین تاثیر را در بهبود صفات ثبت شده داشت. بنابراین کاربرد اسید سالیسیلیک دو هفته پس از تشکیل میوه با غلظت ۲ میلی‌مولار می تواند بعنوان تیمار مناسبی جهت افزایش خصوصیات کمی و کیفی انگور رقم 'شاهرودی' بکار برده شود.

واژه‌های کلیدی: ترکیبات فنلی، عملکرد میوه، محلول پاشی، مواد جامد محلول، میوه‌های ریز

مقدمه

انگور با نام علمی *Vitis vinifera* L. یکی از مهم‌ترین میوه‌هایی است که در بسیاری از مناطق با آب و هوای مختلف مورد کشت و کار قرار می‌گیرد. انگور به جهت غنی بودن از ترکیبات فنلی نقش مهمی در سلامتی بشر دارد و از نظر اقتصادی بسیار مورد توجه است. صنعت میوه‌کاری نیز یکی از صنایع عمده و مهم باغبانی در جهان محسوب می‌شود به طوری که سطح زیر کشت جهانی انگور بر اساس آمار فائو در سال ۲۰۱۳ برابر با ۶۹۶۹۳۷۳ هکتار با تولید سالیانه حدود هفت میلیون تن می‌باشد (www.fao.org). مهمترین کشورهای تولید کننده انگور طبق آمار سال ۲۰۱۳ در سطح جهان بر اساس سطح زیرکشت و عملکرد به ترتیب کشورهای چین، آمریکا،ایتالیا، فرانسه و اسپانیا می‌باشند که بیش از ۶۰ درصد تولید جهانی را به‌خود اختصاص

۱، ۲ و ۳- به‌ترتیب دانشجوی دکتری سابق و استادان، گروه علوم باغبانی و مهندسی فضای سبز، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: azizi@um.ac.ir)
۴- عضو هیات علمی دانشگاه شاهرود
۵- عضو هیات علمی مرکز تحقیقات کشاورزی شاهرود

DOI: 10.22067/jhs.2021.59037.0

داده‌اند. طبق آمار سال ۲۰۱۳ ایران نهمین کشور تولید کننده انگور در جهان محسوب می‌شود که فقط ۴ درصد تولید جهانی را به‌خود اختصاص داده است. از کل تولیدات انگور در جهان حدود ۷۱ درصد در صنعت شراب سازی، ۲۷ درصد تازه خوری و حدود ۲ درصد به صورت خشک و فراوری شده مصرف می‌شود. این در حالی است که در ایران بیش از ۹۲ درصد از تولید انگور به‌صورت تازه خوری و ۸ درصد آن به صورت خشک و فرآوری شده به مصرف می‌رسد (www.fao.org).

بسیاری از میوه‌ها از جمله انگور منابع سرشار از ترکیبات فنلی می‌باشند که به عنوان آنتی‌اکسیدانت‌های فوق العاده توانمند قادرند سیستم‌های بیولوژیکی را از گزند رادیکال‌های آزاد حفظ کنند. از جمله آنتی‌اکسیدانت‌های طبیعی به ویژه با منشاء گیاهی فلاونوییدها، آنتوسیانین‌ها و اسیدهای فنولیک هستند واین ترکیبات به مقادیر فراوانی در پوسته،گوشت و هسته انگور یافت می‌شوند (Einbond *et al.*, 2004). به‌خاطر تمام دلایل فوق به منظور بهبود کیفیت این ترکیبات مهم در انگور، تیمارهای قبل از برداشت و بعد از برداشت فراوانی صورت می‌گیرد که شامل انتخاب محل مناسب کاشت از نظر شرایط آب و هوایی، ارتفاع از سطح دریا، نور، سیستم‌های مختلف هرس و تربیت، هرس وتنک خوشه‌ها، حلقه برداری،کاهش و دقت در میزان آبیاری، استفاده از تنظیم کننده‌های رشد از جمله برازینو استروئیدها[1]، جیبرلین‌ها[2]، متیل جاسمونات[3] و اسید سالیسیلیک[4] می‌باشد (Yolanda and Encarn, 2013).

اسیدسالیسیلیک (ارتو هیدروکسی بنزوئیک اسید) یک ترکیب فنلی ساده با خواص گوناگون است که به طور طبیعی توسط گیاهان مختلف تولید می‌شود.دارای یک گروه هیدروکسیل و یک گروه کربوکسیل در ساختمان خود می‌باشد که این گروه‌ها مانند سایر ترکیبات فنلی تعیین کننده خواص آن هستند. سالیسیلات‌ها از منابع گیاهی از زمان‌های قدیم در پزشکی مصرف شده‌اند. این ترکیب درساختار بسیاری از قرص‌های مسکن، ضد التهاب، داروها، نگهدارنده‌های مواد غذایی و مواد آرایشی و بهداشتی به کار می‌رود (Raskin *et al.*, 1990; Raskin, 1992a). اسید سالیسیلیک به دلیل تاثیر بر روی تعدادی از فرایندهای فیزیولوژیکی رشدی گیاهان به عنوان یک تنظیم کننده رشدگیاهی به رسمیت شناخته شده است (Raskin, 1992b). کاربرد این ماده نتایج مهمی مانند کنترل فرایندهای رشد و نمو،افزایش مقاومت در برابر بیماری‌ها، کاهش تولید اتیلن، تاخیر در رسیدن میوه و افزایش عمر محصولات انباری را در پی دارد. در موارد بسیار اثر اسید سالیسیلیک بر فعالیت‌های گیاهی و همچنین بر عمر انباری محصولات باغبانی مورد بررسی قرار گرفته است.

یو و همکاران (Yu *et al.*, 2005) با کاربرد اسید سالیسیلیک بر روی درختان سیب گزارش کردندکه این ترکیب در غلظت‌های ۱۰۰۰-۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر سبب افزایش سفتی میوه و تاخیر در زمان رسیدن میوه می‌شود. یائو و تیان (Yao and Tian, 2005) نشان دادند که تیمار قبل از برداشت گیلاس با اسید سالیسیلیک شیوع بیماری را کاهش می‌دهد. تیمار اسید سالیسیلیک در نارنگی باعث کاهش معنی‌دار پوسیدگی انباری و جلوگیری از کاهش وزن (Zheng and Zhang, 2004)، در هلو باعث کاهش آسیب سرمازدگی، پوسیدگی‌های قارچی و حفظ یا کاهش سرعت نرم شدن (Wang *et al.*, 2006)، در موز باعث تاخیر در رسیدن میوه،کاهش در سرعت نرم شدگی،میزان تنفس، فعالیت آنزیم اینورتاز و همچنین فعالیت آنزیم‌های اصلی دیواره یاخته‌ای مانند سلولاز، پلی‌گالاکتروناز و زیلوناز شده است (Srivastava and Dwivedi, 2000). همچنین در بررسی‌های انجام شده روی توت فرنگی رقم سلوا باعث کاهش تولید اتیلن و پوسیدگی قارچی گردیده است (Babalar *et al.*, 2007). افزون بر این اسید سالیسیلیک با تاثیر بر فعالیت پلی‌فنل اکسیداز و پراکسیداز، تغییر رنگ و سیاه شدن را در گلابی و کاهو به تاخیر انداخته و کیفیت خوراکی آن‌ها را حفظ می‌کند (Peng and Jiang, 2006) و در انگور باعث افزایش ترکیب‌های فنلی گردیده است (Wen *et al.*, 2005; Chen *et al.*, 2006).

درمحلول‌پاشی قبل از برداشت پرتقال "ناول" با اسید سالیسیلیک به طور معنی‌داری باعث افزایش مقدار کارتنوئیدها (لیکوپن و الفا-کاروتن)، اسید آسکوربیک، گلوتاتیون، فنل کل و فلاونوئیدهای کل در پوست و گوشت میوه در طی دوران انباری شد. علاوه بر این، بالاترین مقدار این ترکیبات آنتی‌اکسیدانت در میوه‌های تیمار شده با غلظت‌های بالای اسید سالیسیلیک (۱ و ۲ میلی‌مول بر لیتر) بود (Huang *et al.*, 2008). براساس گزارشات سیریواستاوا و دیویدی (Srivastava and Dwivedi, 2000) و زهنگ و همکاران (Zhang *et al.*, 2003)، اثرات اسید سالیسیلیک برگشت‌پذیر می‌باشد و تیمار گیاهان با اسید سالیسیلیک را در همه مراحل مختلف رشد مثل مرحله رویشی، توسعه میوه و پس از برداشت پیشنهاد کردند. در محلول‌پاشی قبل از برداشت غلظت‌های مختلف اسیدسالیسیلیک بر روی زرد آلو، ارقام" نوری" و"لاسجردی" بطور معناداری باعث سفتی بافت، فنل کل، اسید اسکوربیک و فعالیت آنتی‌اکسیدانتی میوه گردید.

اگر چه کاربرد پس از برداشت اسیدسالیسیلیک بر عمر و کیفیت پس از برداشت میوه‌های زیادی مورد آزمایش قرار گرفته است ولی تاکنون کاربرد قبل از برداشت آن و پیامدهای کاربرد آن بر انگورهای تازه‌خوری کشت و کار شده در داخل کشور مورد بررسی قرار نگرفته

1- Brassinosteroids
2- Gibberellins
3- Jasmonates
4- Salicylic Acid

است.

انگور رقم شاهرودی دارای خوشه بزرگ، حبه بزرگ ودانه دار، شکل حبه بیضی کشیده و طویل، وزن خوشه زیاد، درصد قند بالا، میوه دیرس و مناسب جهت تازه خوری و نگهداری در سردخانه می‌باشد و بیش از ۹۳ ٪ از سطح زیر کشت انگور در شهرستان شاهرود استان سمنان که بالغ بر ۴۰۰۰ هکتار می‌باشد، به این رقم اختصاص دارد. بنابراین در پژوهش حاضر تاثیر کاربرد قبل از برداشت غلظت‌های مختلفاسید سالیسیلیک بر برخی خصوصیات فیزیکو شیمیایی انگور رقم "شاهرودی" مورد آزمایش قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی: آزمایش بر روی بوته‌های۱۳ ساله یکنواخت از نظر رشد و خصوصیات زراعی یکسان انگور رقم "شاهرودی" با فاصله کاشت ۲×۲ متر و سیستم تربیت پاچراغی در یک تاکستان شخصی در شهرستان شاهرود، استان سمنان در سال زراعی ۱۳۹۳ صورت گرفت. آبیاری باغ بصورت نشتی و تغذیه بوته‌های تاکستان مطابق با عرف معمول منطقه و بصورت ۳۰ تن کود دامی زمستانه به همراه سولفات پتاسیم و فسفات آمونیوم به میزان ۱۵۰ کیلو در هکتار به تاکستان اضافه شد. تعداد ۶۰ بوته انگور تا حد امکان یکسان با قطر تنه ۱/۰۲ ±۸/۴۵ سانتی‌مترکه دارای۷-۵ بازو و حدود ۱۶-۱۵ شاخه یکساله و ۴ جوانه بر هر شاخه انتخاب شد. اسید سالیسیلیک با نشان مرک ساخت کشور آلمان تهیه کردید و محلول سالیسیلیک اسید با غلظت‌های صفر (شاهد) ۱، ۲ و ۳ میلی‌مولار با حل کردن آن در مقدار کمی اتانول و استفاده از یک مویان (توئین۲۰) به منظور پخش، نگهداری و نفوذ بهتر آماده شد. محلول آماده شده، بلافاصله توسط یک سمپاش بادی پشتی بر روی بوته‌های انتخاب شده، دو هفته بعد از تشکیل میوه‌ها (در مرحله نخودی شدن میوه‌ها و ۴ تا ۵ میلی‌متر قطر اندازه حبه‌ها) در یک صبح آرام و بدون باد در حالی که کاملاً سطح درختان و خوشه‌ها را بپوشاند محلولپاشی شدند. طرح آزمایش مورد استفاده بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار بود. پس از برداشت میوه‌ها و انتقال به آزمایشگاه، صفات مختلف میوه اندازه‌گیری شد (شکل ۱). اندازه‌گیری میزان کلروفیل (a، b و کل) و کاروتنویید برگ بوته‌ها نیز همزمان با برداشت میوه‌ها انجام گرفت.

محتوای کلروفیل a، b، کل و کاروتنوئید: برای سنجش میزان کلروفیل a، b و کلروفیل کل و همچنین کاروتنوئید کل در برگ درختان انگور از روش آرنون (Arnon, 1967) استفاده شد. مراحل استخراج با دقت کامل جهت به حداقل رساندن تماس با گرما و نور انجام شد. با هدف پایداری رنگدانه‌ها، بلافاصله نمونه‌های گرفته شده از بخش مرکزی برگ‌های بالغ در نیتروژن مایع آسیاب شدند. نمونه‌ها دو بار و به فاصله یک دقیقه ورتکس شدند و به مدت ۱/۵ ساعت در دمای ۴ درجه‌ی سانتی‌گراد به منظور حل شدن رنگ‌دانه‌ها در حلال استون سرد ذخیره شدند. پس از آن به مدت ۱۵ دقیقه و با سرعت ۶۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شدند. روشناور نمونه‌ها برای سنجش کلروفیل و کارتنوئید کل بکار رفت.

میزان جذب نمونه‌ها در سه طول موج ۴۷۰، ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر مدل Shimadzu uv (160) قرائت شد. با استفاده از میزان جذب نمونه‌ها در این سه طول موج و معادلات زیر میزان کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و کاروتنوئید کل بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن‌تر نمونه بافت محاسبه شد.

$$Chla_{mg/g\ FW}=\frac{(19.3\times A_{663})-(0.86\times A_{645})\times v}{100\times W}$$

$$Chlb_{mg/g\ FW}=\frac{(19.3\times A_{645})-(3.6\times A_{663}\times)\times v}{100\times W}$$

$$Chl_{mg/g\ FW}= Chla + ChlbT$$

$$Car_{mg/g\ FW}=\frac{(100\times A_{470})-3.27 mgchla-104\ mgchlb}{227}$$

V= حجم محلول صاف شده (محلول فوقانی حاصل از سانتریفیوژ)

A= جذب نور در طول موج‌های ۶۶۳، ۶۴۵ و ۴۷۰ نانومتر

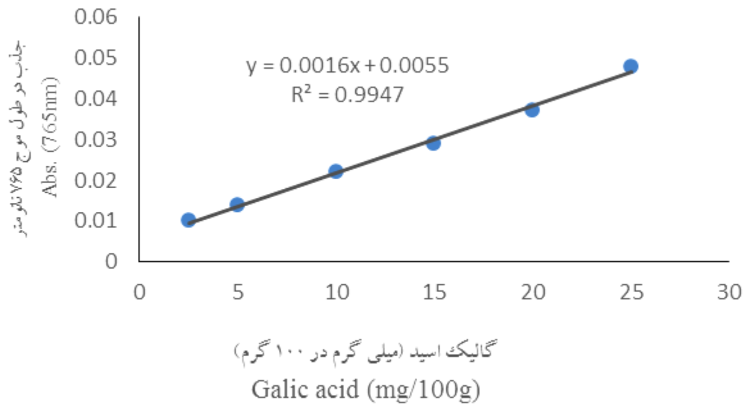
W= وزن تر نمونه بر حسب گرم



شکل ۱- مراحل اندازه گیری صفات فیزیکوشیمیایی انگور رقم ‘شاهرودی‘ در آزمایشگاه

Figure 1- Laboratory measurements of the physicochemical properties of grape cv. ‘Shahroodi’

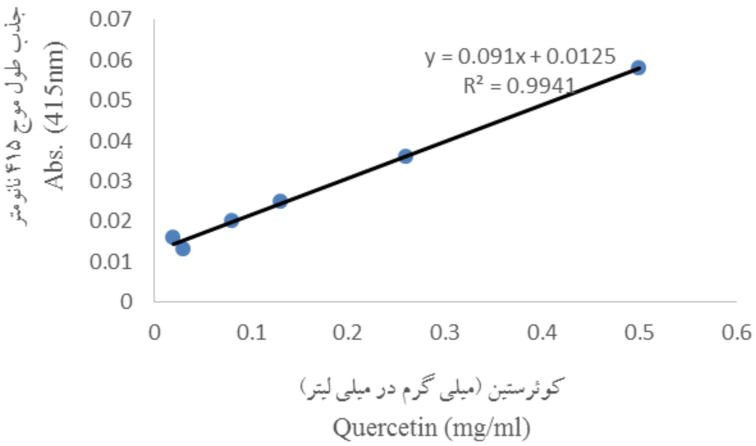
محتوای فنل کل: مقدار فنل کل بـا روش Folin–Ciocalteu و اسپکتروفتومتری اندازه‌گیـری شـد (Meyers *et al*., 2003). میـزان جذب مخلوط واکنش بعد از ۱۲۰ دقیقه نگهداری در شرایط بدون نور، در طول موج ۷۶۵ نانومتر به‌وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر Shimadzu uv (160) اندازه‌گیری شد. میزان فنل کل از روی منحنـی اسـتاندارد (شکل ۲) بر حسب میلی‌گرم گالیک اسید در ۱۰۰ گرم عصاره در سـه تکرار برای هر نمونه و استاندارد بیان شد.



شکل ۲- منحنی و معادله‌ی جذب غلظت‌های مختلف محلول استاندارد گالیک اسید

Figure 2- Curve and equation uptake for different concentrations of standard solution of Gallic acid

فلاونوئید کل: مقدار فلاونوئید کل با روش کالریمتری آلومینیوم کلراید اندازه‌گیری شد (Bor *et al*., 2006). ۵۰ میکرولیتر از عصاره متانولی گوشت و پوسـت میـوه بـا ۱۰ میکرولیتـر آلومینیـوم کلرایـد (۱۰٪)، ۱۰ میکرولیتر پتاسیم استات (۱ مولار) و ۲۸۰ میکرولیتـر آب دوبار تقطیر مخلوط شد. نمونه‌ها پس از همزدن و سرو تـه کـردن در دمای اتاق به مدت ۴۰ دقیقه نگهداری شدند. جذب مخلوط واکـنش در طول موج ۴۱۵ نانومتر در مقابل بلانک شـامل آب دوبـار تقطیـر بوسیله دستگاه اسپکتروفتومتر Shimadzu uv (160) در سه تکـرار خوانده شد. میزان فلاونوئید کل بر اساس منحنی استاندارد (شکل ۳) کوئرستین تعیین و نتایج بـر حسـب میکروگـرم کوئرسـتین در گـرم وزن‌تر پوست و گوشت میوه بیان شد.



شکل ۳- منحنی و معادله‌ی خط جذب غلظت‌های مختلف محلول استاندارد کوئرستین

Figure 3- Curve and equation uptake for different concentrations of standard solution of Quercetin

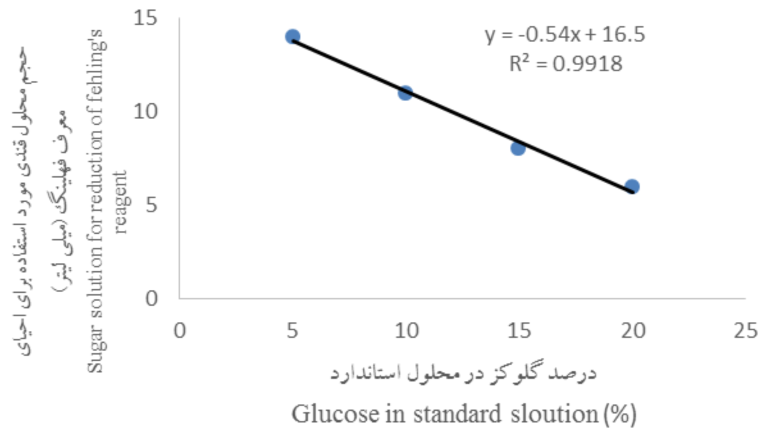
آنتوسیانین کل: میزان آنتوسیانین کل با استفاده از روش تفـاوت در pH اندازه‌گیری شد (Slinkard and Singleton, 1997). در این روش میزان جذب با استفاده از اسپکتروفتومتر در طول موج‌های ۵۲۰ و ۷۰۰ نانومتر همراه با بافرهای کلرید پتاسیم و سدیم اسـتات بـا pH

متفاوت ۱ و ۴/۵ اندازه‌گیری شد. با استفاده از فرمول زیر میزان آنتوسیانین کل بر حسب میلی‌گرم مالویدین ۳-گلوکوزاید در لیتر محاسبه شد.

$$Absorbance\ (A) = (A_{520}\ pH1 - A_{700}\ pH1) - (A_{520}pH\ 4.5 - A_{700}\ pH4.5)$$

$$Total\ anthocyanin\ (mg/L) = (A/28000)\times(10^3)\times(493.5)\times(5)$$

محتوای قندهای احیاگر: برای اندازه‌گیری میزان کل قندهای احیاگر از روش کلی لن-اینان استفاده شد (Mosayyebzadeh *et al.*, 2009). ۱۰ میلی‌لیتر از عصاره میوه با ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر مخلوط شده و به مدت ۱۵ دقیقه در حمام آب گرم در دمای ۷۰°C حرارت داده شده و با آب مقطر به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانیده شد. ۵ میلی‌لیتر محلول فهلینگ A و ۵ میلی‌لیتر محلول فهلینگ B با ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر آمیخته شد. محلول فوق تا جوشیدن کامل حرارت داده شد و پس از افزودن چند قطره معرف متیلن بلو با محلول قندی تیتر شد. نقطه پایان تیتر مشاهده رنگ سفید و رسوب آجری رنگ می‌باشد مقدار کل قندهای احیاگر بر اساس نمودار استاندارد (شکل ۴) تهیه شده با گلوکز استاندارد محاسبه گردید.



شکل ٤- منحنی و معادله‌ی خط جذب غلظت‌های مختلف محلول استاندارد گلوکز

Figure 4- Curve and equation uptake for different concentrations of standard solution of Glucose

سفتی بافت میوه با استفاده از دستگاه سفتی‌سنج (مدل اف دی کا ۳۲، واگنر) اندازه‌گیری و بر اساس نیوتن برسانتی‌متر مربع بیان شد. ویژگی‌های مواد جامد محلول (TSS) با استفاده از رفرکتومتر دستی (آتاگا، ژاپن) و بر اساس درجه بریکس بیان شد، pH عصاره با استفاده از pH متر دیجیتال (Sartorius PP-20, Germany) اندازه‌گیری شد. اسیدیته قابل تیتراسیون یا TA از طریق تیتراسیون عصاره با استفاده از سود ۰/۱ نرمال تا میزان pH۸/۱-۸/۲ انجام و نتایج آن با استفاده از فرمول زیر و تحت عنوان درصد اسید تارتاریک گزارش شد.

اسیدیته قابل تیتراسیون (٪)=[(حجم سود مصرفی×نرمالیته سود×وزن اکی والان اسید غالب)/(وزن نمونه تیتر شده×۱۰۰۰)]×۱۰۰

۷۷/۵ = وزن اکی‌والان اسید تارتاریک

تجزیه‌آماری

این مطالعه در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تجزیه واریانس نتایج حاصل بوسیله نرم افزار آماری SAS، مقایسه میانگین‌ها بوسیله آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد و رسم نمودارها نیز با نرم‌افزار Excel صورت گرفت.

نتایج و بحث

محتوای کلروفیل a، b، کل و کاروتنوئید

بر اساس نتایج تجزیه واریانس نوع غلظت اسید سالیسیلیک مورد استفاده تاثیر معنی‌داری بر کلیه صفات اندازه‌گیری شده داشت (p<۰/۰۱) (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین‌ها در مورد تاثیر غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک بر روی کلروفیل نشان می‌دهد میزان کلروفیل a، b و کل در تمامی تیمارها اختلاف معنی‌داری با شاهد داشته و بیشترین مقدار کلروفیل a با میانگین (۱۱/۵۸ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) بیشترین میزان کلروفیل b با میانگین (۴/۴۷ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) در تیمار محلول‌پاشی دو میلی‌مولار اسید سالیسیلیک مشاهده شد (جدول ۱). همچنین کمترین میزان کلروفیل a، b و کل مربوط به تیمار شاهد (محلول‌پاشی با آب) بود (جدول ۲). بنابراین افزایش غلظت اسیدسالیسیلیک تا ۲ میلی‌گرم در لیتر باعث افزایش سطح کلروفیل و فتوسنتز شد.

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس برخی صفات مورد بررسی انگور رقم 'شاهرودی' در اثر استفاده از غلظت‌های مختلف سالیسیلیک اسید

Table1- ANOVA for some parameters of *Vitis vinifera* cv. 'Shahroodi' due to the use of salicylic acid in different concentrations

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean Square							
		کلرفیل a Chlorophyll a	کلرفیل b Chlorophyll b	کلرفیل کل Total Chlorophyll	کارتنوئید Carotenoids	وزن ۱۰۰ حبه 100 berry weight	عملکرد Yield	مواد جامد محلول TSS	اسیدیته قابل تیتراسیون TA
بلوک Block	2	0.037^{ns}	0.074^{ns}	0.045^{ns}	1.401^{ns}	66.260^{ns}	0.845^{ns}	0.143^{ns}	0.0006^{ns}
غلظت اسید سالیسیلیک Salicylic acid consentration	3	12.64**	1.14**	21.32**	300.35**	47179.8**	67.30**	1.08**	0.01**
خطا (Error)	6	0.06	0.04	0.03	2.16	946.7	1.48	0.08	0.001

** و ns به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد و عدم معنی‌داری.

**, ns significant at 1 % of probability level and non-significant, respectively.

ادامه جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس برخی صفات مورد بررسی انگور رقم 'شاهرودی' در اثر استفاده از غلظت¬های مختلف سالیسیلیک اسید

Continued Table 1- ANOVA for some parameters of *Vitis vinifera* cv. 'Shahroodi' due to the use of salicylic acid in different concentrations

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean Square						
		TSS/TA	pH	سفتی Firmness	فنل کل Total phenol	فلاونوئید کل Total Flavonoid	آنتوسیانین کل Total Anthocyanin	قندهای احیاگر Reducing sugars
بلوک Block	2	5.845^{ns}	0.012^{ns}	0.005^{ns}	206.33**	36.98*	0.960^{ns}	**0.035^{ns}**
غلظت اسید سالیسیلیک Salicylic acid consentration	3	53.57**	0.05**	**0.08**	2602.2**	262.2**	28.57**	**0.66****
خطا Error	6	4.38	0.01	0.002	14.93	5.32	0.64	**0.03**

**، * و ns به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد و ۵ درصد و عدم معنی‌داری.

**, * and ns: significant at 1 % and 5% of probability levels, and non-significant, respectively.

بیات و همکاران (Bayat *et al.*, 2012) گزارش کردند اسید سالیسیلیک از طریق افزایش کلروفیل کل و فعالیت آنزیم روبیسکو، میزان فتوسنتز کل را افزایش می‌دهد که با نتایج حاصل از این بررسی مطابقت دارد. همچنین گای و ستیا (Ghai and Setia, 2002) گزارش کردند استفاده از محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک با غلظت ۲۰ میلی‌گرم در لیتر به شاخه و برگ گیاه کلزا باعث بهبود کلروفیل کل در این گیاه می‌شود که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. در مورد کارتنوئید برگ جدول مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد که میزان کارتنوئید در تمامی تیمارها اختلاف معنی‌داری با شاهد (محلولپاشی با آب) داشته است. بدین صورت که بیشترین میزان کارتنوئید (۶۴/۱۵ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) در تیمار ۲ میلی‌مولار و کمترین میزان آن در تیمار شاهد مشاهده شد.

جدول ۲- تاثیر غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک بر میزان کلروفیل و کاروتنوئید انگور رقم 'شاهرودی'

Table 2- Effect of different salicylic acid concentrations on Chlorophyll and Carotenoids Content of *Vitis vinifera* cv. 'Shahroodi'

سالیسیلیک اسید Salicyli cacid (mM)	کلروفیل a Chlorophyll a ($mg.g^{-1}$ fw)	کلروفیل b Chlorophyll b ($mg.g^{-1}$ fw)	کلروفیل کل Total Chlorophyll ($mg.g^{-1}$ fw)	کاروتنوئید ها Carotenoids ($mg.g^{-1}$ fw)
0	7.14c	3.21b	10.36c	**42.20c**
1	7.33c	3.15b	10.48c	**53.03b**
2	11.58a	4.47a	16.05a	**64.15a**
3	8.46b	3.41b	11.87b	**64.04a**

اعداد با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار ($p<0.01$) با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن نمی‌باشند

Numbers followed by the same letter are not significantly differentns ($p<0.01$) based on Duncan's multiple range test.

این نتایج با نتایج مظاهری و کلانتری (Mazaheri tirani and Kalantari, 2007) که اظهار داشتند محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک با غلظت‌های ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار در گیاهان تحت تیمار ۵۰ پی‌پی‌ام بر روی کلزا مقدار کارتنوئید را افزایش می‌دهد، مطابقت دارد. مطالعات انجام شده توسط ژو و همکاران (Zhao *et al.*, 1995) نشان داد مقدار رنگیزه‌ها در گیاهان سویای تیمار شده با اسید سالیسیلیک افزایش می‌یابد. همچنین مقدار کلروفیل و کارتنوئید در برگ‌های ذرت با استفاده از محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک افزایش می‌یابد (Sinha *et al.*, 1993).

سفتی بافت میوه، وزن صد حبه، مواد جامد محلول، شاخص طعم و مزه و pH

جدول مقایسه میانگین‌ها بر روی صفت سفتی بافت میوه حاکی از آن دارد که تیمار اسید سالیسیلیک به طور معنی‌داری ($p<0/01$) باعث افزایش سفتی بافت میوه گردید (جدول ۱) به طوری که بیشترین سفتی بافت میوه مربوط به غلظت ۲ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک و کمترین سفتی مربوط به تیمار شاهد بود. اثر افزایشی کاربرد اسید سالیسیلیک بر روی سفتی بافت میوه در طی انبارداری سیب نیز در غلظت ۲ میلی‌مولار مشاهده شده است (Babalar *et al.*, 2015).

مقایسه میانگین‌ها حاکی از آن است که غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک اثر معنی داری در افزایش عملکرد و وزن صد حبه انگور داشت ($p<0/01$). بیشترین عملکرد و وزن صد حبه در تیمار حاوی ۲ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک و کمترین آن در تیمار شاهد مشاهده شد. کاربرد غلظت بیش از ۲ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک باعث کاهش وزن حبه‌ها و در نهایت عملکرد شد (جدول ۳).

جدول ۳- تاثیر غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک بر خصوصیات عملکردی و برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی انگور رقم 'شاهرودی'

Table 3- Effect of different salicylic acid concentrations on yield components and some physical and biochemical properties of *Vitis vinifera* cv. 'Shahrodi'

سالیسیلیک اسید Salicylic acid (mM)	pH	سفتی Firmness ($N.cm^{-2}$)	TSS/TA	مواد جامد محلول TSS (Brix%)	وزن ۱۰۰ حبه 100 berry weight (g)	عملکرد Yield ($Kg.tree^{-1}$)
0	4.00a	2.73c	35.61a	18.34a	567.77c	21.00c
1	3.89ab	2.90b	31.48ab	17.76b	636.10b	22.79c
2	3.70c	3.13a	25.73c	16.95c	860.00a	31.30a
3	3.77bc	2.87b	28.55bc	17.31bc	663.57b	28.54b

اعداد با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار ($p<0.01$) با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن نمی‌باشند.

Numbers followed by the same letter are not significantly differentns ($p<0.01$) based on Duncan's multiple range test.

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها بر روی صفات مواد جامد محلول و pH حاکی از آن است که تیمارهای اسید سالیسیلیک درغلظت‌های مختلف باعث کاهش مواد جامد محلول و pH در میوه‌های تیمار شده شد (جدول ۳). غالبا تیمار میوه‌ها با اسید سالیسیلیک با جلوگیری از سنتز اتیلن و کاهش تنفس موجب حفظ مواد جامد محلول در میوه‌ها می‌گردد (Hadian-Deljou and Sarikhan, 2012). به‌نظر می‌رسد در این تحقیق کاربرد اسیدسالیسیلیک موجب کاهش نرمی بافت میوه شده است اما از طرفی نتوانسته باعث حفظ مواد جامد محلول گردد و نسبت به تیمار شاهد کاهش این ترکیبات مشاهده شد. کاهش مواد جامد محلول در میوه‌های مانند سیب به دلیل جلوگیری از تبدیل

نشاسته به قندهای ساده‌تر بوده و از این طریق باعث افزایش ماندگاری میوه می‌گردد (Kazemi *et al*., 2011). کاهش pH در تیمارهای اسید سالیسیلیک به دلیل افزایش اسید غالب میوه در این تیمارها می‌باشد.

اسیدهای آلی و میزان قندهای احیاگر

اسید قابل تیتراسیون میزان اسیدهای آلی میوه‌ها را شامل می‌شود که در میوه انگور اسیدیته غالب اسید تارتاریک می‌باشد. اسیدهای آلی در مشخص کردن طعم میوه‌ها نقش بسزایی دارند و هر چه میزان اسیدیته در میوه‌ها بیشتر باشد طعم میوه ترش‌تر می‌باشد. نتایج مقایسه میانگین داده‌ها بر روی صفات اسیدهای آلی و قندهای احیاگر حاکی از آن است که تیمارهای اسید سالیسیلیک در سطح احتمال ۱ درصد باعث افزایشاسیدهای آلی و کاهش قندهای احیاگر شده است به‌طوری که بیشترین میزان اسید تارتاریک میوه با میانگین ۰/۶۶ مربوط به تیمار غلظتی ۲ میلی‌مولار و کمترین میزان اسید تارتاریک با میانگین ۰/۵۲ مربوط به تیمار شاهد بود که نشان دهنده کاهش تنفس و مصرف اسیدهای آلی در تیمار فوق می‌باشد (جدول ۴). بیشترین میزان قندهای احیاگر در تیمار شاهد (۱۴/۷۴ درصد) و کمترین میزان قندهای احیاگر در تیمار غلظت ۲ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک (۱۳/۶۰ درصد) مشاهده شد. افزایش مقدار اسیدهای آلی در نتیجه کاربرد اسید سالیسیلیک در مورد میوه‌های سیب نیز مشاهده شده است (Babalar *et al*., 2015).

ترکیبات فنلی (فنل کل،فلاونوئید کل و آنتوسیانین کل)

بررسی و نتایج تجزیه واریانس داده‌ها و مقایسه میانگین‌ها بر روی اثر اسید سالیسیلیک بر ترکیبات فنلی (فنل کل، فلاونوئیدکل و آنتوسیانین کل) حاکی از آن است که تمامی غلظت‌های اسید سالیسیلیک بکار برده شده تاثیر معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد بر روی ترکیبات فنلی داشته است و ترکیبات فنلی میوه را افزایش داده است (جدول ۱) به طوری‌که در تمامی صفات بیشترین ترکیبات فنلی در غلظت ۲ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک و کمترین مقدار ترکیبات فنلی در تیمار شاهد مشاهده شد (جدول ۴).

جدول ٤- تاثیر غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک بر اسیدیته، قندهای احیاگر، آنتوسیانین و فلاونوئید انگور رقم 'شاهرودی'

Table 4- Effect of different salicylic acid concentrations on acidity, reduced sugars, anthocyanine and flavonoid content of *Vitis vinifera* cv. 'Shahroodi'

اسید سالیسیلیک Salicylic acid (mM)	اسیدیته اسید تارتاریک Acidity Tartaric acid (%)	قندهایی احیاگر Reducing sugars (%)	آنتوسیانین کل Total anthocyanine (mg.l^{-1})	فلاونوئید کل Total flavonoids (µg Qu.$^{g-1}$ FW)	فنل کل Total phenol (mg GA.100 g^{-1} FW)
0	0.52c	14.74a	3.03c	19.37d	65.95d
1	0.57bc	14.2b	8.37b	34.87b	107.84b
2	0.66a	13.60c	10.33a	41.87a	137.20a
3	0.61ab	14.02b	7.47d	29.27c	96.57c

اعداد با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار ($p<0.01$) با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن نمی‌باشند

Numbers followed by the same letter are not significantly different ($p<0.01$) based on Duncan's multiple range test.

اسیدسالیسیلیک یک ترکیب فنلی ساده که تنظیم‌کننده تعدادی از فرایندها در گیاهان است. این ترکیب بازدارنده بیوسنتز اتیلن است. بنابراین گزارش شده است که کاربرد خارجی اسید سالیسیلیک باعث تاخیر در رسیدن می‌شود در این پژوهش نیز سفتی بافت میوه و همین‌طور کاهش در میزان قندهای احیاگر و مواد جامد محلول نسبت به تیمار شاهد مربوط به اثرات ضد اتیلنی اسید سالیسیلیک است که از نرم شدن دیواره سلول‌ها و از عمل اتیلن جلوگیری می‌کند.

تاثیر اسید سالیسیلیک بر حفظ سفتی بافت میوه به نقش آن بر تولید و اثر اتیلن مربوط می‌شود که با جلوگیری از بیان ژن‌های مسئول تولید آنزیم آمینو سیکلو پروپان ۱ کربوکسیلیک اسید سنتتاز از یک طرف و کلاته کردن آهن موجود در ACC اکسیداز به دلیل داشتن هیدرواکسیل آزاد باعث کاهش تولید اتیلن شده و از فعالیت خود تنظیمی مثبت اتیلن جلوگیری می‌کند (Babalar *et al*., 2015). گزارش شده است سفتی بافت میوه به میزان اسید سالیسیلیک داخلی بستگی دارد و با بالا بودن آن سفتی بافت بیشتر می‌شود (Zhang *et al*., 2003). گزارش شده است که تیمار میوه‌های توت‌فرنگی بااسید سالیسیلیک منجر به حفظ سفتی بافت میوه شد. در بررسی‌های انجام شده روی کیوی (Zhang *et al*., 2003)، توت فرنگی (Babalar *et al*., 2007) موز (Srivastava and Dwivedi, 2000) و هلو (Wang *et al*., 2006) مشاهده شده است که سالیسیلیک اسید باعث سفتی بافت میوه می‌گردد. به نظر می‌رسد مکانیزم عمل اسید سالیسیلیک در حفظ سفتی بافت به اثر جلوگیری کنندگی اسید سالیسیک از عمل و تولید اتیلن،کاهش فعالیت آنزیم‌های نرم کننده دیواره یاخته‌ای و همچنین غشاء یاخته‌ای بر می‌گردد که در این

پژوهش به وضوح مشاهده می‌شود.

معمولاً اسیدهای آلی هنگام رسیدن میوه به دلیل مصرف شدن در تنفس و تبدیل به قندها کاهش می‌یابد و کاهش آنها رابطه مستقیم با فعالیت‌های متابولیکی دارد. کاربرد اسید سالیسیلیک تاثیر معنی‌داری بر میزان اسیدهای آلی داشته و حفظ آن در مقایسه با شاهد بود که می‌تواند به دلیل تاثیر این ماده در کاهش استفاده اسیدهای آلی بعنوان ماده‌ی تنفسی باشد، بطوری‌که گزارش شده است اسید سالیسیلیک میزان تنفس را در بافت میوه‌های موز (Srivastava and Dwivedi, 2000) و هلو (Wang *et al*., 2006) کاهش داده و بروز نقطه اوج فراز گرایی را به تاخیر می‌اندازد در نتیجه باعث حفظ اسیدهای آلی در سطح بالاتری نسبت به شاهد می‌شود که با نتایج این تحقیق کاملاً مشابهت دارد.

اسید سالیسیلیک خود به عنوان ترکیبی فنلی، تحریک کننده تولید ترکیب‌های فنلی در گیاه است. با اثربر روی آنزیم‌های موثر درساخت ترکیب‌های فنلی از جمله فنیل آلانین آمونیالیاز باعث افزایش تولید ترکیبات فنلی می‌گردد. با افزایش اسید سالیسیلیک میزان ترکیب‌های فنلی تولید شده نیز افزایش یافت (Chan and Tian, 2006).

افزایش در میزان ساکارز میوه‌ها طی رسیدن، بیوسنتز و تولید ساکارز تحت تاثیر دو آنزیم فسفات ساکارز سینتتاز و ساکارز فسفاتاز است. ساکارز معمول‌ترین و بیشترین کربوهیدرات تولید شده حین فتوسنتز است که از محل تولید (برگ‌ها) به مخازن (میوه‌ها) منتقل می‌شود که نتیجه آن افزایش درمیزان مواد جامد محلول و قندهای محلول در میوه‌ها است. حین رسیدن، کاهش در قندهای غیرکاهنده به طور عمده ساکارز در ارتباط با افزایش در قندهای کاهنده (فروکتوز و گلوکز) میوه‌ها می‌باشد و این فرایندنیز بستگی به فعالیت آنزیم اینورتاز دارد. فعالیت هر دو آنزیم ساکارز فسفات سینتاز و اینورتاز بستگی به مقدار فعالیت هورمون اتیلن حین رسیدن میوه دارد. استفاده از بازدارنده‌های تولید و عمل اتیلن از جمله اسید سالیسیلیک می‌تواند باعث تاخیر در افزایش میزان قندهای کاهنده و غیرکاهنده و در پی آن مقدار پایین مواد جامد محلول گردد (Hayat and Ahmad, 2007) که با نتایج این تحقیق کاملاً مشابهت دارد. همان‌طور که در بحث مربوط به کلروفیل توضیح داده شد اسید سالیسیلیک باعث افزایش معنی‌داری در میزان کلروفیل و کارتنوئید برگ درختان که منابع عمده تولید مواد قندی و در پی آن عملکرد می‌باشد شده است.

نتیجه‌گیری

با توجه به جمیع نتایج بدست آمده می‌توان اظهار نمود که کاربرد اسید سالیسیلیک دو هفته پس از تشکیل میوه با غلظت ۲ میلی‌مولار می‌تواند بعنوان تیمار مناسبی جهت افزایش خصوصیات کمی و کیفی انگور رقم 'شاهرودی' بکار برده شود.

منابع

1. Arnon, A.N. (1967). Method of extraction of chlorophyll in the plants. *Agronomy Journal* 23: 112-121.
2. Babalar, M., Asghari, M., Talaei, A., & Khosroshahi, A. (2007). Effect of pre- and postharvest salicylic acid treatment on ethylene production, fungal decay and overall quality of Selva strawberry fruit. *Food Chemistry* 105 449-453.
3. Babalar, M., Asgarpour, A., & Asgari, M.A. (2015). Effect of harvest and postharvest treatments of salicylic acid and Putrescine on some qualitative factors of Apple cv. Granni smith. *Journal of Horticultural Science 28*(4): 479-486. (In Persian with English abstract). http://doi.org/10.22067/JHORTS4.V0I0.45084.
4. Bayat, H., Nemati, H., Tehranifar, A., Vahdati, N., & Salahvarzi, Y. (2012). Effect of salicylic acid on growth and ornamental features of *Petunia hybrida* under salt stress. *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture 3*(11): 43-50. (In Persian)
5. Bor, J.Y., Chen, H.Y., & Yen, G.Ch. (2006). Evaluation of antioxidant activity and inhibitory effect on nitric oxide production of some common vegetables. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 54: 1680-1686.
6. Chan, Z.L., & Tian, S.P. (2006). Induction of H_2O_2-metabolizing enzymes and total protein synthesis in sweet cherry fruit by *Pichia membranefaciens* and salicylic acid treatment. *Postharvest Biology and Technology* 39: 314-320.
7. Chen, J.Y., Wen, P.F., Kong, W.F., Pan, Q.H., Zhan, J.C., Li, J.M., Wan, S.B., & Huang, W.D. (2006). Effect of salicylic acid on phenylpropanoids and phenylalanine ammonia-lyase in harvested grape berries. *Postharvest Biology and Technology* 40: 64-72.
8. Einbond, L.S., Reynertson, K.A., Lue, X.D., Basil, M.J., & Kennally, E.J. (2004). Anthocyanin antioxidants from edible fruits. *Food Chemistry* 84: 23-28. http://doi.org/10.1016/S0308-8146(03)00162-6.
9. Ghai, R.C., & Setia, N. (2002). Effect of paclobutazol and salicylic acid on chlorophyll content, hill and components in *Brssica napus. Phytomorph* 52: 83-87.
10. Hadian-Deljou, M., & Sarikhan, H. (2012). Effect of salicylic acid on maintaining post-harvest quality of apple cv. ،Golabe-Kohanz. *Journal of Crops Improvement 14*(2):71-82. (In Persian with English abstract)

11. Hayat, S., & Ahmad, A. (2007). *Salicylic acid: A Plant Hormone*. Springer, PP. 401-443.
12. Huang, R., Xia, R., Lu, Y., Hu, L., & Xu, Y. (2008). Effect of pre-harvest salicylic acid spray treatment on post-harvest antioxidant in the pulp and peel of ‘Cara cara’ navel orange (*Citrus sinenisis* L. Osbeck). *Journal of the Science of Food and Agriculture* 88: 227-306.
13. Kazemi, M., Aran, M., & Zamani, S. (2011). Effect of salicylic acid treatments on quality characteristics of apple fruits during storage. *American Journal of Plant Physiology 6*(2): 113-119.
14. Mazaheri Tirani, M., & Kalantari, Kh.M. (2007). Effects of the role of salicylic acid, drought stress, ethylene and interaction of three factors on seed germination of *Brassica napus. Iranian Journal of Biology 19*(4): 23-35. (In Persian with English abstract)
15. Meyers, K.J., Watkins, C.B., Pritts, M.P., & Liu, R.H. (2003). Antioxidant and anti-proliferativeof strawberries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 51: 6887-6892.
16. Mosayyebzadeh, A., Mostofi, Y., Javan Nikkhah, M., & Emam Jome, Z. (2009). Evaluation of biochemical changes and gray mold during storage of Shahroodi table grapes under modified atmosphere packaging. *Journal of Horticultural Sciences 23*(2): 68-77. (In Persian with English abstract)
17. Peng, I., & Jiang, Y. (2006). Exogenous salicylic acid inhibits browning of fresh-cut Chinese water chestnut. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 94: 535-540.
18. Raskin, I. (1992a.) Role of salicylic acid in plants. *Annual Review of Plant Biology* 43: 439–463.
19. Raskin, I. (1992b). Salicylate, a new plant hormone, *Plant Physiology* 99: 799–803.
20. Raskin, I., Skubatz, H., Tang, W., & Meeuse, B.J.D. (1990). Salicylic acid levels in thermogenic and nonthermogenic. *Annals of Botany* 66: 376–383.
21. Sinha S.K., Srivastava, S.H., & Tripath, R.D. (1993). Influence of some growth regulators and cations on inhibition of chlorophyll biosynthesis by lead in maize. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 51: 241-246.
22. Slinkard, K., & Singleton, V.L. (1977). Total phenol analysis: Automation and Comparison with Manual Methods. *American Journal of Enology and Viticulture 28*(1): 49-55.
23. Srivastava, M.K., & Dwivedi, U.N. (2000). Delayed ripening of banana fruit by salicylic acid. *Plant Science* 158: 87-96
24. Wang, L., Chen, S., Kong, W., Li, S., & Archbold, D.D. (2006). Salicylic acid pretreatment alleviates chilling injury and affects the anti-oxidant system and heat shock proteins of peaches during cold storage. *Postharvest Biology and Technology* 41: 244-251.
25. Wen, P.F., Chen, J., Wan, S., Kong, W., Zhang, P., Wang Zhan, J., Pan, Q., & Huang, W. (2005). Salicylic acid activates phenylalanine ammonia-lyase in grape berry in response to high temperature stress. *Plant Growth Regulatore* 55: 1-10.
26. Yao, H.J., & Tian, S.P. (2005). Effect of pre- and post-harvest application of salicylic acid or methyl jasmonate on inducing disease resistance of sweet cherry fruit in storage. *Postharvest Biology and Technology* 35: 253-262. http://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2004.09.001.
27. Yolanda, R.G., & Encarn, G.P. (2013). Elicitors: A tool for improving fruit phenolic content. *Agriculture* 3: 33-53.
28. Yu, T., & Zheng, X.D. (2005). Salicylic acid enhances biocontrol efficacy of the antagonist *Cryptococcus laurentii* in apple fruit. *Plant Growth Regulation 25*(2): 166-174.
29. Zhang, Y., Chen, K., Zhang, Sh., & Ferguson, I. (2003).The role of salicylic acid in postharvest ripening of kiwifruit. *Postharvest Biology and Technology* 28: 67-74.
30. Zhao, H.J., Lin, X.W., Shi, H.Z., & Chang, S.M. (1995). The regulating effect of phenolic compounds on the physiological characteristics and yield of soybeans. *Acta Scientiarum Agronomy* 21: 351-355.
31. Zheng, Y., & Zhang, Q. (2004). *Effects of polyamines and salicylic acid postharvest storage of ‘Ponkan’ mandarin*. In XXVI International Horticultural Congress: Citrus and Other Subtropical and Tropical Fruit Crops: Issues, Advances and 632 (pp. 317-320).

http://www.fao.org/home/en/